



06/2017

Lehrplan

DFG / LFA

Physik

Zweig: SMP

Klassenstufen 11 und 12

Lehrplan validiert durch das Ministère de l'Éducation nationale, das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg und das Ministerium für Bildung und Kultur Saarland

1 Leitgedanken

1.1 Bildungswert des Faches Physik

Der Unterricht im Fach Physik verfolgt neben dem Erwerb konkreter Fachkenntnisse insbesondere das Ziel, den Schüler an zentrale Methoden und Aspekte des Faches Physik als Wissenschaft heranzuführen. Im Rahmen eines kompetenzorientierten Unterrichtes erlernt er unter anderem durch die experimentelle Methode wesentliche Arbeitsweisen des Faches kennen und diese anzuwenden. Insbesondere erwirbt der Schüler die Fähigkeit Physik als Wissenschaft in einem gesellschaftlichen Kontext zu sehen und dabei auch Fragen und Aspekte der historischen Entwicklung wie aber auch der gesellschaftlichen Relevanz der Physik auf der Basis fachlicher Kenntnisse kritisch zu reflektieren.

1.2 Kompetenzen

Das deutsch-französische Abitur vermittelt den Schülerinnen und Schülern eine allgemeine Studierfähigkeit und eine wissenschaftspropädeutische Vorbildung als Voraussetzung für die Aufnahme eines Hochschulstudiums in Frankreich oder in Deutschland. Dies wird durch den Erwerb von in beiden Ländern geforderten Kompetenzen ermöglicht. Bestimmte Kompetenzen sind fachbezogen bzw. wissenschaftsbezogen, andere sind von allgemeinerer Natur und haben die staatsbürgerliche Bildung sowie die erfolgreiche gesellschaftliche Eingliederung zum Ziel.

Folgende Tabelle formuliert im Überblick zentrale Kompetenzbereiche für das Fach Physik, deren exemplarische Umsetzung unten im Bildungsplan im Zusammenhang einzelner Themen konkretisiert dargestellt werden:

Wissenschaftsbezogene Kompetenzen (WK)	
Problemstellung	- eine Problemstellung formulieren und entsprechende Hypothesen aufstellen
Problemlösestrategien	- ein Experiment planen, auswerten und interpretieren - Modellvorstellungen entwickeln - Prüfung der Aussagekraft eines Modells sowie seiner Grenzen - Analogien bilden und Verallgemeinerungen aufzeigen
Dimensionsbetrachtung (Einheitenprobe) Größen, Einheiten, Genauigkeit Physikalische Größen und Größenordnungen	- Einheitenprobe und Fehlerbetrachtungen (qualitativ) durchführen - physikalische Größen nennen und kontextbezogen verwenden - physikalische Größenordnungen abschätzen können
Experimentelle Methode	- Experimente planen, durchführen und auswerten
Werkzeuge wissenschaftlicher Problemlösung	- Mathematische Behandlung (Graphen, Grundfunktionen) - Fachsprache argumentativ verwenden - Messwerterfassungssysteme einsetzen

Kommunikative Kompetenzen (KK)

- Teamarbeit: Informationsaustausch und Diskussion
- Verwendung der Fachsprache
- Streng wissenschaftliche Argumentation, strukturiertes Denken und klarer Ausdruck
- Deduktives und induktives Vorgehen
- Verfassen eines strukturierten, umfassenden und das Wesentliche nachweisenden schriftlichen Protokolls
- Schülerpräsentation einzeln oder im Team mithilfe moderner Kommunikationsmittel

Methodenkompetenz (MK)

- Effiziente Arbeitsorganisation; Aufgabenbearbeitung ohne und mit Zeitbegrenzung (Einsatz von Strategien)
- Ergänzende Recherchen durch die Schülerinnen und Schüler
- Initiative ergreifen
- Teamfähigkeit
- Informationsrecherche, hierbei kritische Auswahl der Quellen

Physik und Gesellschaft (PG)

- Praktische Anwendungen des täglichen Lebens
- Kritikfähigkeit
- verantwortliches und staatsbürgerlich angemessenes Verhalten
- Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundbildung

1.3 Didaktische Hinweise

Der Unterricht in Physik der Klasse 11SMP-12SMP verfolgt auf der Grundlage obiger zu erwerbender Kompetenzen das Ziel, dem Schüler einerseits einen fachsystematischen Überblick über bestimmte Gebiete der Physik zu vermitteln und andererseits deren inhaltliche Vernetzungen aufzuzeigen. Somit stehen neben der Vermittlung themenspezifischer Schwerpunkte auch entsprechende Analogiebetrachtungen im Vordergrund, die dem Schüler ermöglichen Vergleiche zwischen sich entsprechenden konzeptionellen Herangehensweisen in unterschiedlichen Gebieten der Physik aktiv zu erarbeiten. Er erfährt somit Physik somit nicht als ein Gemenge einzelner Phänomene und Gesetze, sondern reflektiert immer wieder sich ähnelnde grundlegende Arbeitsmethoden dieser Wissenschaft sowohl im experimentellen wie auch im formal-mathematischen Bereich. Durch die experimentelle Herangehensweise betreiben die Schüler/die Schülerinnen forschendes Lernen.

1.4 Hinweise zum Abitur

Grundsätzlich sind alle im Lehrplan aufgeführten Themen verpflichtend zu behandeln. Allerdings ist den Themenangaben gesondert vermerkt, wenn das jeweilige Thema nicht oder nur eingegrenzt Gegenstand der Abiturprüfung ist.

2 Kompetenzen:

Die in der folgenden Tabelle zu den einzelnen Themengebieten aufgeführten Kompetenzen stellen insbesondere markante Kompetenzschwerpunkte dar, die in Verknüpfung mit den

<p>kugelförmigen Objektes $\vec{G}_0(S) = -\frac{G \cdot m}{R_0^2} \cdot \vec{u}_{0S}$ und in einem Punkt P auf der Höhe h $\vec{G}(h) = -\frac{G \cdot m}{(R+h)^2} \cdot \vec{u}_{0P}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedingung für die Homogenität des Schwerfeldes • Empirische Keplergesetze 	<p>Nachweis des 3. Keplergesetzes</p>
<p>3 Elektrische Wechselwirkungen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Anhand des Unterschied zwischen vektoriellen und skalaren elektrischen Größen erkennen die Schüler die Verknüpfung mathematischer Formalisierung mit physikalischen Inhalten (WK).</p> <p>(2) Die Schüler erkennen Analogien im Rahmen des Feldkonzeptes und verbalisieren diese (WK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vektorielle Form des Coulomb-Gesetzes $(\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$, Analogiebetrachtungen zum Gravitationsgesetz) • Elektrisches Feld und Feldstärke (Vektorielle Definition, Feldstärke einer punktförmigen Ladung $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{u}_{0P}$, Feld zweier Ladungen, homogenes Feld) • Potenzialdifferenz (Arbeit einer elektrischen Kraft, elektrisches Potenzial, elektrische Spannung, Äquipotenzialflächen, homogenes Feld) • Kinetische Energie von Ladungen in einem elektrischen Feld (Geschwindigkeit eines geladenen Teilchens beim Durchlaufen einer Spannung, Elektronenvolt) 	<p>Feldlinienbilder (auch Dipol)</p> <p>Vorgänge beim Gewitter</p> <p>„Elektronenkanone“, Braunsche Röhre</p>
<p>4 Magnetische Wechselwirkungen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erlernen anhand der Unterscheidung ferromagnetischer und paramagnetischer Materialien die technische Bedeutung solcher Stoffe einzuordnen (WK, PG).</p> <p>(2) Ein Experiment kann mit Hilfe eines Modells interpretiert werden (WK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • magnetische Wechselwirkung (Dauermagnete, elektrische Ströme) • Begriff des Magnetfeldes (Vektorielle Definition und Einheit) • Feldlinienbilder magnetische Felder 	<p>Geschichtliche Aspekte</p> <p>Ferromagnetismus,</p>

<p>(Stabmagnet, Hufeisenmagnet, unendlich langer gerader Draht, eine Spulenwindung, lange Spule, Helmholtzspulen, Analogie zwischen den Feldern langer Spulen und eines Stabmagneten)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetfelder erzeugt von elektrischen Strömen (Einzelne Windungen, Spulen, lange Spulen, Helmholtzspulen, lange gerade Drähte, Berechnung der Flussdichte einer langen Spule) • Erdmagnetfeld 	<p>Weissche Bezirke</p> <p>Messung magnetischer Flussdichten</p>
<p>II DYNAMIK</p>	
<p>1 Kinematik</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler benutzen angepasste Methoden der Mathematik für die Kinematik und stellen diese dar (WK, MK) .</p> <p>(2) Die Schüler können ein Bezugssystem erkennen und ein Koordinatensystem finden, in dem die Bewegung einfach beschrieben wird (WK, MK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der Bewegung eines Punktes (Bezugssystem, Koordinatensystem, Bahnkurven) • Vektorielle Beschreibung (Geschwindigkeitsvektor: $\vec{v} = d\vec{OM}/dt$, Beschleunigungsvektor: $\vec{a} = d\vec{v}/dt$, Anteile in der „base de Frenet“/„Zweibein“: $a_t = \frac{dv}{dt}$; $a_n = \frac{v^2}{R}$) • Verschiedene Bewegungstypen (Gleichförmige Bewegung, gleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung, Bewegungsgleichungen, Gleichungen von Bahnkurven) 	<p>Konstruktion des Beschleunigungsvektors aus Bahndaten</p> <p>Einsatz eines Messwerterfassungssystems</p>
<p>2 Gesetze der Dynamik</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler können ein Problem der Mechanik benennen (genaue Angabe des Systems, des Bezugssystems, der verwendeten Gesetze) und werten gezielt Fachbegriffe ein (WK, KK)</p> <p>(2) Es werden die Gesetze angewandt, die die physikalische Situation am besten beschreiben (Energieerhaltung, Theorem der kinetischen Energie, Grundgleichung der Dynamik) (WK).</p> <p>(3) Die Schüler erlernen das Angeben vereinfachender Hypothesen und erkennen deren Auswirkung auf die Problemstellung (WK).</p> <p>(4) Analogien zwischen verschiedenen Gebieten der Physik werden hergestellt und sprachlich in Vergleichen formuliert (WK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen (Schwerpunkt, Trägheitsprinzip, Inertialsystem) 	

<ul style="list-style-type: none"> • Grundgleichung der Mechanik (vektorielle Aussage des Gesetzes $\Sigma \vec{F}_{ext} = \Delta \vec{p} / \Delta t$, Anwendungen auf Körper, Schwerpunktsatz, Bewegung eines Körpers auf geneigten Bahnen ohne Reibung und mit Reibung oder mit Zugkraft, Spannungskraft an einem Faden, Reaktionen von Unterlagen) • Bewegung von Körpern im Schwerfeld (freier Fall und Fall mit Anfangsgeschwindigkeit, jeweils mit Bahngleichungen) • Bewegung geladener Körper in einem elektrischen homogenen Feld (Beschleunigung der geladenen Teilchen, elektrostatische Ablenkung) 	<p>Experimente mit Luftkissenfahrbahn</p> <p>Konisches Pendel, Pendel in einem bewegten, beschleunigten Wagen, Kurvenüberhöhungen Fallbewegung mit Reibung</p>
<p>3 Bewegung von Himmelskörpern</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erkennen den approximativen Charakter von Modellen: sie vergleichen berechnete Werte mit konkreten Messergebnissen die weitere Einflussfaktoren widerspiegeln(WK). (2) Satellientechnische Anwendungen der Physik werden visualisiert (PG).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Näherung als Kreisbewegung (Geschwindigkeiten, Umlaufdauer) • Satellitenbewegungen (geostationäre Satelliten) • Konstante im 3. Keplerschen Gesetz: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{M \cdot G}$	<p>Einsatz von Programmen zur Simulation der Bahnkurven</p> <p>Schwerelosigkeit</p>
<p>III SCHWINGENDE SYSTEME</p>	
<p>1 Schwingende Systeme</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler untersuchen vergleichbare Phänomene in verschiedenen Teilgebieten der Physik (WK) (2) Unterschiedliche Schwingungen in der alltäglichen Umwelt werden betrachtet (PG)</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beispiele für Oszillatoren • Physikalische Größen bei schwingenden Systemen (Schwingungsdauer, Frequenz, Amplitude, Energie) • Zeitliche Entwicklung einer Schwingung (Dämpfung: pseudoperiodischer, kritischer und aperiodischer 	<p>Federpendel, Torsionspendel Qualitative Beobachtungen bei Schwingungen in anderen Fachgebieten</p>

<p>Zustand, nur qualitativ: erzwungene Schwingung, Resonanz, Resonanzbedingungen)</p>	<p>Dämpfung durch Flüssigkeiten und Gase</p>
<p>2 Harmonische Schwingungen beim Fadenpendel und dem horizontalen Federschwinger</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler untersuchen das Modell eines harmonischen Oszillators und bestimmen seine Grenzen (WK).</p> <p>(2) Die Schüler argumentieren auf der Grundlage von graphischen Darstellungen (MK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimentelle Untersuchungen der beiden Pendel (Eigenfrequenz, Schwingungsdauer, Energieaustausch) • Theoretische Betrachtung (Differenzialgleichung bei kleinen Auslenkungen (ohne Reibung), Lösungsfunktion der Differenzialgleichung, Begriff der Phase und der (eigenen) Kreisfrequenz) • Energie bei Schwingungen (Kinetische Energie, potenzielle Energie der Lage, potenzielle Energie der Elastizität, Energieerhaltung) • Beispiele für nichtharmonische Schwingungen (qualitativ) 	<p>Bestimmung der Federkonstanten einer elastischen Schraubenfeder</p>
<p>IV Wellen</p>	
<p>1 Wellen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erkennen die Bedeutung von Wellen in unterschiedlichen Sachzusammenhängen (WK).</p> <p>(2) Eine differenzierte fachsprachliche Beschreibung von Phänomenen der Wellenausbreitung wird geübt (qualitativ) (KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wellen in elastischen Medien, elektromagnetische Wellen (Transversal- und Longitudinalwellen) • Ausbreitung von Signalen (Sender, Wellenträger, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellengleichung, Empfänger) 	<p>Messung von Ausbreitungsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Beispielen (Wasseroberfläche, Feder, Seil, Schall, Ultraschall)</p>
<p>2 Ausbreitung von Wellen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Im Rahmen der Wellenlehre erkennen die Schüler die Bedeutung der differenzierten Betrachtung räumlicher Dimensionen bei bestimmten Phänomenen (WK).</p>	

<p>(2) Die Schüler lernen bei akustischen Experimenten zwischen alltäglicher Wahrnehmung und physikalischer Messung zu unterscheiden (PG, WK)</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspekte der Ausbreitung (fortschreitende, stehende Wellen, Amplitude, Zeitdauer, Wellenlänge, Wellenfronten) • Eindimensionale Seilwellen (Transversalwelle, Zustand des Wellenträgers zu verschiedenen Zeiten) • Zweidimensionale Wellen auf Wasseroberflächen (Transversalwelle, kreisförmige, geradlinige Wellen, Zustand des Wellenträgers zu verschiedenen Zeiten) • Dreidimensionale Schallwellen (Longitudinalwelle, kugelförmige Welle, Sender-Empfänger-Modell, hörbarer Bereich, Unterschied zwischen Schall und Lärm (subjektiv)) • Charakteristiken von Schall in der Musik (Tonhöhe, Intensität, Klangfarbe) 	<p>Experimentelle Analyse von Wellenausbreitungen (Oszilloskop, Messwerterfassung)</p> <p>Doppler-Effekt</p> <p>Akustik und Musik</p>
<p>3 Reflexion, Brechung, Beugung von Wellen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler können das Verhalten von mechanischen Wellen und von Licht bei Hindernissen vergleichen (WK).</p> <p>(2) Bei der Durchführung von Beugungsexperimenten entwickeln die Schüler ein methodisches Gespür für die Abhängigkeit der Möglichkeit von Beobachtungen von den gewählten experimentellen Größenordnungen (WK, MK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eindimensionale Wellen (Seilwellen, zwei aneinandergehängte Seile) • Reflexion von ebenen oder räumlichen Wellen: (Reflexionsgesetz, Echo, Sonar, Echografie, Spiegel) • Brechung ebener oder räumlicher Wellen (Brechungsgesetz, Spezialfall: Brechungsindex bei Licht, Totalreflexion, Linsen, Lichtleiter) • Beugung ebener Wellen: (Beugung am Ende eines Schirms, an einem Spalt, Beugungswinkel) 	<p>Reflexion und Brechung von Ultraschall, Echografie</p>

<p>4 Interferenz</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler entwickeln aufgrund der Anschauung eine Formulierung für Gestzmäßigkeiten bei der Überlagerung von Wellen. Dabei betrachten sie Analogien zwischen verschiedenen Beispielen von Wellen (WK, KK).</p> <p>(2) Die Schüler setzen geeignete grafische Methoden ein um die Linien konstruktiver und destruktiver Interferenz zu visualisieren (WK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlagerung zweier Wellen (Seilwellen, Wasserwellen, Ultraschall) • konstruktive und destruktive Interferenz (quantitative Bedingungen für den Gangunterschied, Interferenzstreifen) 	<p>Wellenwanne, Ultraschall</p>
<p>V Elektromagnetismus</p>	
<p>1 Ladungen in homogenen elektrischen oder magnetischen Feldern</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erfahren, dass die Feldphysik zur Beschreibung räumlich verteilter Phänomene spezielle Größen und Vernachlässigungsmethoden entwickelt (WK).</p> <p>(2) Durch Analogiebetrachtungen zwischen dem elektrischen und magnetischen Feld werden sich ähnelnde Strukturen in der Feldbeschreibung erkannt aber auch Unterschiede deutlich differenziert (WK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirkung eines homogenen elektrischen Feldes auf eine Ladung (elektrische Kraft $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$ beim Plattenkondensator, Arbeit $W_{AB}(\vec{F}_e) = q \cdot (V_A - V_B)$) • Wirkung eines homogenen magnetischen Feldes auf eine Ladung (Lorentzkraft $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$ bzw. deutsche Schreibweise $\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$) • Untersuchung von Bewegungsvorgängen in elektrischen und magnetischen Feldern (Bewegungen auch in gekreuzten Feldern, Änderung der Richtung und Ablenkung auf einem Schirm) 	<p>Braunsche Röhre Fadenstrahlrohr, Massenspektrometer, Zyklotron, Teilchenbeschleuniger, Laplacekraft für einen geradlinigen Leiter</p>
<p>2 Induktionsvorgänge</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erfahren die physikalische Bedeutung der mathematischen Darstellung des Induktionsgesetzes (WK)</p> <p>(2) Die immense alltägliche Bedeutung der Induktion für die technisch geprägte Umwelt wird auf vielfältige Weise reflektiert und diskutiert (PG, KK).</p>	

<p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktionsphänomene (elektromotorische Kraft, Induktionsspannung, Induktionsstrom) • Lenzsche Regel • magnetischer Fluss ($\phi = n \cdot \vec{B} \cdot \vec{S}$ vektorielle Darstellung) • Induktionsgesetz von Lenz-Faraday in differenzieller Form 	<p><i>Im Überblick:</i> Anwendungen der Induktion : Wechselstrom, Wirbelstrombremse, Foucaultströme, Induktionsplatten, Transformator</p>
<p>3 Selbstinduktion in Spulen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Die zentrale physikalische Bedeutung von magnetischen Feldern zur Energiespeicherung wird von den Schülern erkannt (WK). (2) Technische Anwendungen der Energiespeicherung werden vielfältig dargestellt, diskutiert und reflektiert (KK, PG). (3) Der Schüler untersucht Analogien zur Energiespeicherung bei magnetischen Feldern und formuliert diese (WK, KK). <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Selbstinduktion (Eigenfluss, Induktivität, Gesetz von Lenz-Faraday) • Magnetische Energie in einer Spule (quantitativ) 	<p>Nachweis des Gesetzes von Lenz-Faraday mit Dreieckströmen, Nachweis der magn. Energie</p>
<p>4 Kondensator</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Die zentrale physikalische Bedeutung von elektrischen Feldern zur Energiespeicherung wird von den Schülern erkannt (WK). (2) Technische Anwendungen der Energiespeicherung werden vielfältig dargestellt, diskutiert und reflektiert (KK, PG) (3) Der Schüler untersucht Analogien zur Energiespeicherung bei magnetischen Feldern und formuliert diese (WK, KK). <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kondensator (Aufbau, Definition der Kapazität) • Im Kondensator gespeicherte elektrische Energie (quantitativ) 	<p>Messung der Kapazität eines Kondensators</p> <p><i>nicht relevant:</i> Auf und Entladungsvorgänge in Abhängigkeit der Zeit</p>
<p>5 Freie elektromagnetische Schwingungen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Der Schüler entwickelt im Rahmen von Analogiebetrachtungen zwischen elektromagnetischen und mechanischen Schwingungen ein Verständnis für analoge Phänomene und physikalische Beschreibungsweisen (WK). (2) Differenzialgleichungen werden als zentrales Hilfsmittel der Phy- 	

<p>sik eingesetzt und deren analoge formale Struktur untersucht (WK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Freie, ungedämpfte elektrische Schwingungen des Dipols (L, C) (Schwingungsdauer $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$, Frequenz, Kreisfrequenz, Austausch und Erhaltung der Energien) • Herleitung der Differenzialgleichung aus Energieüberlegungen • Freie, gedämpfte elektromagnetische Schwingungen eines Dipols in Reihe (R, L, C) (Einfluss des Widerstandes R, verschiedene Zustände des Dipols (pseudoperiodisch, kritisch, aperiodisch), energetische Aussagen, erzwungene Schwingungen (qualitativ)) • Analogien zu mechanischen Schwingungen • Beeinflussung der Dämpfung 	<p>Ladung und Entladung des Kondensators eines Dipols (R, L, C) in Reihe durch eine Rechteckspannung oder durch eine Gleichspannung</p> <p><i>Folgende Inhalte sind nicht Teil der Abiturprüfung:</i></p> <p>Erzeugung von ungedämpften elektromagnetischen Schwingungen mit Hilfe eines Operationsverstärkers</p>
VI Elektromagnetische Wellen in der Optik	
<p>1 Elektromagnetische Wellen</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler verknüpfen im Rahmen der Einführung elektromagnetischer Wellen feldtheoretische Beschreibungen mit dem Wellenmodell (WK).</p> <p>(2) Im Rahmen unterschiedlicher Versuche werden Indizien für den Wellencharakter experimentell gesammelt (WK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung elektromagnetischer Wellen • Nachweis des Wellencharakters (Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung) • Polarisierung (qualitativ) 	<p>Nachweis z.B. mit Herzschem Dipol Experimente mit Mikrowellen</p> <p><i>Folgende Inhalte sind nicht Teil der Abiturprüfung:</i></p> <p>Einblicke in die Maxwell-Gesetze können die Experimente ergänzen, Theorie auf gymnasialem Niveau</p>
<p>2 Licht im Wellenmodell</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler kennen den Gültigkeitsbereich des Modells des Lichtstrahls (geometrische Optik) und seiner Grenzen (Wellenoptik) (WK).</p> <p>(2) Experimente zur Bestimmung der Wellenlänge werden</p>	

<p>Durchgeführt (WK)</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung der Strahlenoptik (geradlinige, allseitige Ausbreitung des Lichts, Grenzen der Strahlenoptik) • Nachweis des Wellencharakters von Licht (Geschwindigkeit, Brechungsindex $n = \frac{c}{v}$) • Interferenzen zweier Wellen (Doppelspalt, Begriff der Kohärenz, Gangunterschied, Bedingung für konstruktive und destruktive Interferenz, Abstand der Maxima) • Interferenz von N Wellen (Gitter) • Beugung am Einzelspalt • elektromagnetisches Spektrum 	<p>Polarisation, Beeinflussung der Polarisationssebene durch elektrische (Kerr-Effekt) und magnetische (Faraday-Effekt) Felder zeigen, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist</p> <p><i>verpflichtend:</i> Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers</p>
<p>VII Quantenphysik: Obligatorischer Teil (keine ganze Aufgabe im Abitur)</p>	
<p>1 „Teilchencharakter“ des Lichtes</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler erkennen, dass abhängig von der jeweiligen Situation das Verhalten des Lichtes über das Wellen- bzw. über das Teilchenmodell beschrieben werden kann (WK).</p> <p>(2) Historische und experimentelle Aspekte zum Fotoeffekt werden gesammelt und somit deren Bedeutung für die Bestimmung der Planck'schen Konstante erkannt (WK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektren von Dampfdrucklampen (Emissionsspektren, Absorptionsspektren) • lichtelektrischer Effekt nach Hallwachs (qualitative Darstellung) • Interpretation des lichtelektrischen Effekts durch Einstein (Photon, elektrische Ladung: Null, Masse: Null, Energie: $E = h \cdot f$ (bzw. $E = h \cdot \nu$), Einsteinsche Erklärung $h \cdot f = E_{kin,max} + E_{Ablöse}$, Grenzfrequenz) • Energieniveaus des Wasserstoffs • Interpretation der Spektren anderer Atome 	<p>Die Übereinstimmung von Emissions- und Absorptionslinien soll nur festgestellt werden.</p> <p>Experimentelle Bestätigung des Auslösen von Elektronen (z.B. Hallwachs-Versuch; äußerer Fotoeffekt) Bestimmung der Planck'schen Konstante</p> <p>Auswertung von Spektren (Sonne, Sterne...)</p>
<p>QUANTENPHYSIK: nicht verpflichtender Vertiefungsteil (Inhalte nicht Teil der Abiturprüfung)</p>	

<p>1 Das Licht als Quantenobjekt</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler unterscheiden zwischen solchen Experimenten, die dem Licht einen Teilchencharakter und anderen, die dem Licht einen Wellencharakter zuordnen (WK).</p> <p>(2) Zum erstenmal nehmen die Schüler das fundamentale erkenntnistheoretische Grundproblem der Quantenphysik wahr, dass zwei anschaulich nicht zu verknüpfende Modelle je nach Experiment anwendbar sind. Sie erfassen und formulieren diesen Aspekt sprachlich abstrahiert durch den Begriff des „Quantenobjektes“ (WK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Licht als Welle (Wiederholung) (Kennzeichen Wellenlänge λ und Frequenz f (bzw. ν), Kreisfrequenz ω) • Licht als „Teilchen“ (Kennzeichen Energie $E = hf$ und Impuls p) • Licht als Quantenobjekt (Licht ist mehr als nur eine Welle oder ein Teilchen, es ist ein neues „Mikroobjekt“: also „Wellen“- und „Teilchen“-verhalten Kriterien für klassisches oder quantenhaftes Verhalten $E = hf = h \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{h}{2\pi} \cdot \omega = \hbar \cdot \omega$ $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{2\pi f}{c} = \hbar \cdot \frac{\omega}{c}$	<p>Manchmal wird statt h verwendet: $\frac{h}{2\pi} = \hbar$ (die Formeln können daran angepasst werden)</p> <p>Planck-Einstein-Gleichung, Franck-Hertz-Versuch</p> <p>Kurze mathematische Behandlung des Comptoneffekts</p>
<p>2 Elektronen als Quantenobjekte:</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <p>(1) Die Schüler unterscheiden zwischen solchen Experimenten, die Elektronen einen Teilchencharakter und anderen, die den Elektronen einen Wellencharakter zuordnen (WK).</p> <p>(2) Zum erstenmal nehmen die Schüler das fundamentale erkenntnistheoretische Grundproblem der Quantenphysik wahr, dass zwei anschaulich nicht zu verknüpfende Modelle je nach Experiment anwendbar sind. Sie erfassen und formulieren diesen Aspekt sprachlich abstrahiert durch den Begriff des Quantenobjektes (WK, KK).</p> <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronen als „Teilchen“ • die De Broglie-Wellenlänge eines Elektrons $\lambda = \frac{h}{p}$ • Interferenzen mit Elektronen 	<p>Elektronenmikroskop</p>

4 Grundideen der Quantenphysik

Kompetenzen:

- (1) Der Schüler betrachtet quantenphysikalische Phänomene und interpretiert diese auf einer formal-mathematischen Ebene (WK).
- (2) Die physikalische Interpretation der Bedeutung einer Messung wird vom Schüler in Quantenphysik neu gedacht und sprachlich dargestellt (WK, KK).

Inhalte:

- Makroskopische Objekte bestehen aus kleinsten Einheiten (Quanten)
- Schrödingergleichung (Wellenfunktion, „Schrödinger Katze“)
- Fundamentalprinzip der QM (Quanten zeigen „Interferenzen“, Superposition der Möglichkeiten)
- Stochastisches Verhalten der Quanten: (Nachweiswahrscheinlichkeit für ein Quantenobjekt in einem Volumenelement , $P(x, t) \cdot \Delta V = |\Psi(x, t)|^2 \cdot \Delta V$)
- Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation
($\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{2\pi}$ bzw. $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$)
- Problem der Messung in der Quantenphysik

Licht besteht aus Photonen; Materie aus Atomen bzw. aus Elektronen und Kernen (Quarks, Gluonen).

Die Wellenfunktion ergibt sich als Lösungen der Schrödinger-Gleichung.

Quanten zeigen Interferenzen, wenn sie auf mehreren Wegen zum Empfänger gelangen können und keine Information darüber möglich ist, welchen Weg sie genommen haben. Ein Messprozess ergibt immer genau einen möglichen Endzustand.

Am Doppelspalt ist die Auftreffwahrscheinlichkeit hinter dem Spalt für Quantenobjekte nicht gleich der Summe der Wahrscheinlichkeiten hinter jedem Spalt. Dies führt zu Interferenzmustern.

Doppelspaltexperimente mit Simulationssoftware

Ausblick:

Interpretationsansätze der Quantenphysik

Verschränkung

VIII RELATIVITÄTSTHEORIE: verpflichtender Teil
(keine ganze Aufgabe im Abitur)

<p>1 Grundlagen der Relativitätstheorie</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Die Schülerinnen denken über den Zeit- und Raumbegriff unter Gesichtspunkten der Relativität ganz neu nach und grenzen diese Aspekte von der alltäglichen Erfahrung ab (WK, KK, PG). (2) Die Gültigkeitsgrenzen der klassischen Mechanik werden reflektiert (WK). (3) Die Schüler unterscheiden zwischen einer klassischen oder relativistischen Vorgehensweise für physikalische Problemstellungen (WK). <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Galileisches Relativitätsprinzip (Invarianz der Gesetze der Mechanik im galileischen Bezugssystem (Galilei-Transformation (Position, Relativgeschwindigkeit)) und die Folgen : absoluter Zeit- und Raumbegriff, getrennt von der Zeit, Invarianz der Masse und der Kraft • Grenzen der klassischen Mechanik • Postulate von Einstein (Invarianz der physikalischen Gesetze in galileischen Bezugssystemen, Invarianz der Lichtgeschwindigkeit c, Gültigkeit der physikalischen Gesetze der Mechanik bei kleinen Geschwindigkeiten und ihre Folgen : Verlust des absoluten Zeitbegriffs und des Begriffs der Gleichzeitigkeit) • Entdeckung der Raum-Zeit (Ereigniskegel (Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft)) • Neue Vorstellungen von Raum und Zeit (eigenes Bezugssystem (Eigenzeit, Eigenlänge), Zeitdilatation $t = \gamma \cdot t_0$ und experimentelle Bestätigung (Zerfall von Myonen), Längenkontraktion $L = \frac{L_0}{\gamma}$) • Beobachter in galileischen Bezugssystemen (eingeschränkte Relativität), Erweiterung auf nichtgalileische Bezugssysteme (allgemeine Relativität) 	<p>Experiment von Bertozzi: Elektromagnetische Wellen gehorchen dem galileischen Gesetz für Zusammensetzung von Geschwindigkeiten nicht, Äther-Hypothese, Michelson – Morley - Experiment</p> <p>Lorentz-Transformation (Lage, Geschwindigkeit) (Inhalte nicht Teil der Abiturprüfung)</p>
<p>RELATIVITÄTSTHEORIE: nicht verpflichtender Vertiefungsteil (<i>Inhalte nicht Teil der Abiturprüfung</i>)</p>	
<p>1 Physikalische Größen bei relativistischen Teilchen</p>	

<p>Kompetenzen:</p> <p>(1) Die Schüler wenden relativistische Ansätze in der Betrachtung teilchenphysikalischer Probleme an (WK)</p> <p>(2) Die begreifen Beschleunigungsexperimente als Methode zur Untersuchung bzw. Bestätigung des Standardmodells (WK).</p> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impuls ($p = \gamma \cdot m_0 \cdot v$) • Energieformen (Gesamtenergie $E = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2$, Ruheenergie $E_0 = m_0 \cdot c^2$ und kinetische Energie $E = (\gamma - 1) \cdot m_0 \cdot c^2$), • Verknüpfung von relativistischem Impuls und relativistischer Energie ($E^2 - p^2 \cdot c^2 = m_0^2 \cdot c^4$) • Teilchen der Masse Null : $E = p \cdot c$ • relativistischer Bereich (Bedingungen für $v \geq 0,1 c$, $E_c \geq 0,01 E_0$ oder $p : p \geq 0,1 E_0 / c$) und klassischer Bereich (Vergleich und Gültigkeits-Kriterien)) 	<p>Ausblick: Teilchenfamilien :Leptonen ($e, e^+, \nu, \bar{\nu}$), Quarks und Hadronen ($p^+, p^-, n^0, \pi^+, \pi^-, \pi^0$), Baryonen (3 Quarks) und Mesonen (Quark-Antiquark-Paar), Standardmodell, Zusammenhang mit Kosmologie</p> <p>Teilchenbeschleuniger (Collider) : Aufbau, elastischer und unelastischer Stoß (klassische und relativistische Berechnung : Hypothese zur Natur der Teilchen)</p>
<p>IX Kernphysik</p>	
<p>1 Radioaktivität</p> <p>Kompetenzen:</p> <p>(1) Die Schüler entdecken Radioaktivität als ein natürliches Phänomen in ihrer Umwelt (PG).</p> <p>(2) Auf der Grundlage physikalischer Kenntnisse reflektieren die Schüler Chancen und Grenzen technisch-medizinischer Anwendungen der radioaktivität (PG).</p> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomkern (Zusammensetzung, Größe, Masse) • Allgemeine Aussagen zur Radioaktivität 	<p>Entdeckung der natürlichen und künstlichen Radioaktivität, Anwendung radioaktiver Strahlen (Datierungsmethoden, Medizin,</p>

<p>(Geschichte, „Definitionen“, Charakteristika, Erhaltungssätze (Anzahl Nukleonen, elektrische Ladung, Energie, Impuls))</p> <ul style="list-style-type: none"> • α, β, γ Strahler (Beispiele, Zusammenhang mit der Stabilität des Kerns (Diagramm (N,Z))) • Radioaktiver Zerfall (Gesetz $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, die Zeitkonstante ($\tau$) und die Zerfallskonstante (λ), die Aktivität $A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N(t)$, die Halbwertszeit eines Radionuklids, Beziehung zwischen T und $\lambda : t = \frac{\ln 2}{\lambda}$) • Anwendungen radioaktiver Strahlung (z.B. in dem Gesundheitswesen) 	<p>Industrie, Nahrungsmittel Anwendungen radioaktiver Strahlen (Zeitbestimmung, Medizin, Industrie, Lebensmittel, Kunst...),</p> <p>Benutzung von Zähler für die Radioaktivität: Zufallscharakter bei Zerfällen; Messung der natürlichen Radioaktivität</p> <p><i>Folgende Inhalte sind nicht Teil der Abiturprüfung:</i> Einfluss von Strahlung im Gesundheitswesen (Verstrahlung, Kontamination, Dosis, Äquivalenzdosis), Unfälle und Sicherheit (Tschernobyl, Fukushima), Kernspaltung (Kernreaktor, Kernwaffen) und Kernfusion (Stern, Projekte künstlicher Fusion)</p>
<p>2 Kernenergie</p> <p><i>Kompetenzen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Die Schüler beherrschen Größenordnungen, d.h. sie wählen die richtige Einheit angepasst an die jeweilige Größenordnung oder Anwendung (WK). (2) Die Schüler beurteilen die Präzision einer Messung, indem sie die Bedeutung der gültigen Ziffern für die Berechnungen des Massenverluste erkennen (WK) (3) Die gesellschaftlich-technische Bedeutung der Kernenergie wird kritisch reflektiert und in einen politischen Kontext eingeordnet (PG, KK). <p><i>Inhalte:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Massenverlust bei Kernreaktionen (freigesetzte Energie $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$) • Massendefekt eines Nuklids: $[Z \cdot m_0(p) + (A - Z) \cdot m_0(n^0)] - m_0(\frac{A}{Z}X)$ • Bindungsenergie ($E_b = (\text{Massendefekt}) \cdot c^2$, Stabilität eines Kerns, Kurve von Aston) • Kernspaltung, Kernfusion 	<p><i>Folgende Inhalte sind nicht Teil der Abiturprüfung:</i></p> <p>Zusammenhang mit der Klimaerwärmung</p>

3 Operatoren

Operator	Beschreibung
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben
analysieren / untersuchen	unter einer gegebenen Fragestellung wichtige Bestandteile oder Eigenschaften herausarbeiten; untersuchen beinhaltet unter Umständen zusätzlich praktische Anteile
anwenden	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufbauen (Experimente)	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder sonstige Elemente in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen
begründen / zeigen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
berechnen / bestimmen	aus Größengleichungen physikalische Größen gewinnen
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
bestätigen	die Gültigkeit einer Hypothese, Modellvorstellung, Naturgesetzes durch ein Experiment verifizieren
bestimmen	einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen
bewerten	Sachverhalte, Gegenstände, Methoden, Ergebnisse etc. an Beurteilungskriterien oder Normen und Werten messen
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Bezüge in angemessenen Kommunikationsformen strukturiert wiedergeben
diskutieren / erörtern	in Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
dokumentieren	alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen
durchführen (Experimente)	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen
entwerfen / planen (Experimente)	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung erfinden
entwickeln / aufstellen	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen; eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen veranschaulichen und verständlich machen
ermitteln	einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren

Operator	Beschreibung
herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine physikalische Größe freistellen
interpretieren / deuten	kausale Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen
nennen / angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe , Daten ohne Erläuterungen. Aufzählen
skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich darstellen
strukturieren / ordnen	vorliegende Objekte kategorisieren und hierarchisieren
überprüfen / prüfen / testen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln
zeichnen	eine möglichst exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen